



KATI ATIK DEPOLAMA ALANLARININ NİHAİ YER SEÇİMİNDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE KİRLİLİK DAĞILIM MODELLERİNİN BİRLİKTE KULLANIMI

K. Onur DEMİRARSLAN¹, M. Kemal KORUCU², Aykan KARADEMİR²

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Seyitler Yerleşkesi, 08000, Artvin

²Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Umuttepe Yerleşkesi, 41380, Kocaeli

ÖZET

Depolama alanlarının yer seçiminde olası aday alanlar arasından kullanım için en uygun olanının seçilmesi çok sayıda kriterin ard arda ya da bir arada değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir süreçtir. Bu kriterlerden yalnızca birisi olan tesis çevresindeki yerleşim bölgelerinde bir koku problemine neden olup olunmayacağı ise henüz yer seçim aşamasındayken mutlaka dikkate alınmalıdır. Bu sayede, başta koku olmak üzere atmosfer taşınımı vasıtasıyla neden olunabilecek sağlık problemlerinin önlenmesi de mümkün olabilir. Bu çalışmada; Kocaeli ili Gebze bölgesinde ihtiyaç duyulan 2000 dönümlük bir depolama alanı için bir yer seçimi çalışması yürütülmüştür. Bu yer seçimi çalışmalarıyla en uygun alanların belirlenmesinin ardından bu uygun alanların etraflarındaki tüm yerleşim bölgelerinde neden olabilecekleri koku maruziyeti bir kirlilik dağılım modeli yardımıyla incelenmiştir. Yerleşim bölgeleri için elde edilen bu değerler kullanılarak her bir aday alanın yerleşim bölgeleri üzerinde oluşturacağı koku etkileri büyükten küçüğe sıralanmıştır. Elde edilen en küçük etki değerine sahip aday alan en uygun alan olarak ifade edilmiştir. Elde edilen bulgular; değerlendirmeye alınan 8 aday alanın koku oluşturma potansiyelleri açısından bir sıralaması yapıldığında en uygun yer seçimi kararının 3 numaralı alan ve en kötü yer seçimi kararının 8 numaralı alan olduğunu göstermiştir. Ancak; bu sıralama değerleri, diğer yer seçimi kriterleri için elde edilen sıralama değerleri ile bir arada değerlendirildiğinde bir anlam ifade edecektir.

Anahtar Kelimeler: Katı atık depolama sahaları, Yer seçimi, Koku, Modelleme, Coğrafi bilgi sistemleri

INTEGRATION OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS AND POLLUTION DISPERSION MODELS FOR FINAL SITE SELECTION OF SOLID WASTE DISPOSAL AREAS

ABSTRACT

From landfills for use in the selection of areas of possible candidates selecting the most suitable one is a complex process that requires evaluation of a combination of a large number of successive criteria. This is just one of the criteria in residential areas around the plant causing an odour problem is taken into account in the selection stage. In this way, health problems, in particular scent, which can be caused by atmospheric transport, may be possible to prevent. In this study, an area of 2000 acres of storage space needed for the selection of a location study conducted in Gebze Kocaeli province. With the aid of ArcGIS software in the selection of the most suitable areas, odour exposure was analyzed causing all the work of all residential areas by a pollution dispersion model. The odour risks for each of the candidates in this field were arranged in descending order using the values obtained for residential areas.



With the value obtained by the candidate with the smallest probability are expressed in the appropriate field. Hourly meteorological data obtained from the findings have shown that in the selection of the most suitable area the best decision is the number 3 and the worst decision is number 8 when a sequence of eight candidates for the potential of the area to create the smell. However, these ranking values will be significantly when the other location criteria are evaluated together with the values obtained for the ranking.

Keywords: Landfill, Site selection, Odour, Modelling, Geographical information systems.

1. GİRİŞ

Evsel nitelikli katı atıkların bertaraf edileceği tesisler için en uygun yerin belirlenmesi, atık yönetimi çalışmalarının en sıkıntılı aşamalarından biridir. Son yıllarda bu problemin çözümü için sıkça kullanılan çok kriterli karar verme mekanizmalarının (ÇKKV) coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile desteklendiği yeni uygulamaları gösteren pek çok önemli çalışma (Chang vd., 2008; Wang vd., 2009; Aragonés-Beltrán vd., 2010; De Feo ve De Gisi, 2010; Moeinaddini vd., 2010; Gorsevski vd., 2012) mevcuttur. Çoğunlukla deponi alanlarının yer seçiminde kullanılan bu uygulamanın insineratörler için kullanıldığı Tavares vd., (2011) gibi çalışmalar da bulunmaktadır. Türkiye açısından bakıldığında ise, az sayıda olmakla birlikte sözü edilen bu metodolojinin kullanıldığı çeşitli çalışmalara (Sener vd., 2006; Simsek ve diğ., 2006; Banar vd., 2007; Ersoy ve Bulut, 2009; Ekmekcioglu vd., 2010) ulaşılabilmektedir.

Yukarıda sözü edilen türden birinci aşama yer seçimi çalışmaları neticesinde elde edilen aday alanlar arasından en uygun olanının seçilmesi, farklı yaklaşımların bir arada kullanılabileceği yeni bir yer seçimi aşamasını işaret eder. Bu ikinci aşama; daha çok zemin çalışmaları gibi görece pahalı uygulamaların, olabildiğince az sayıda aday alan için uygulandığı ve nihai bir kararın verildiği nihai yer seçimi aşamasıdır. Sözü edilen pahalı yer seçimi kriterlerinin yanı sıra, koku ve kirlilik dağılımının modellenmesi ve değerlendirilmesi çalışmalarının da çok sayıda aday alanın bulunduğu ilk aşama çalışmalarındansa daha az sayıda aday alanının bulunduğu ikinci aşama çalışmalarında kullanılması önemli kolaylıklar sağlayacaktır (Korucu ve Erdağı, 2012). Kirlilik ve özellikle koku dağılımının modellenmesi; insan aktivitelerinin çevre ve halk sağlığı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek son derece önemli bir karar verme aracıdır (Lisboa vd., 2006). Intarakosit (2010), Henshaw vd., (2006) ve daha pek çok çalışmada olduğu gibi; coğrafi populasyon yoğunluğunun kaynaktan ötürü kalabileceği koku maruziyetinin değerlendirilmesi son derece kullanışlı sonuçlar verebilmektedir ve dahası katı atık bertaraf tesisleri için yapılmış bu türden pek çok çalışmaya da (Sarkar vd., 2003; Capelli vd., 2008) ulaşmak mümkündür. Öte yandan, bu türden uygulamaların gerçek zamanlı yer seçimi kararlarına nasıl uygulanacağına ilişkin ise daha fazla çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu çalışmada; Kocaeli ili Gebze bölgesinde ihtiyaç duyulan 2000 dönümlük bir depolama alanı için bir yer seçimi çalışması yürütülmüştür. ArcGIS yazılımı ile gerçekleştirilen bu yer seçimi çalışmalarında en uygun alanların belirlenmesinin ardından bu uygun alanların, etraflarındaki tüm yerleşim bölgelerinde koku oluşturma potansiyelleri incelenmiştir. Bu amaçla her bir uygun alan birer alan kaynak olarak işaretlenmiş ve AERMOD kirletici dağılım modeli vasıtasıyla bu alanların yerleşim bölgeleri üzerindeki olası koku etkileri değerlendirilmiştir. 5 yıllık meteoroloji verileri ve nominal bir koku birim faktörü kullanılarak her bir yerleşim bölgesi için elde edilen koku konsantrasyonları bölgenin nüfus verileriyle aracılığı ile bir etki değerine dönüştürülmüştür. Yerleşim bölgeleri için elde edilen bu değerler kullanılarak her bir aday alanın yerleşim bölgeleri üzerinde oluşturacağı toplam koku etkileri büyükten küçüğe



sıralanmıştır. Elde edilen en küçük etki değerine sahip aday alan en uygun alan olarak ifade edilmiştir.

2. MATERYAL METOD

2.1. Yer Seçimi Metodolojisi

Çalışmada kullanılan yer seçimi metodolojisinin detaylarına Korucu vd., (2013)'den, metodolojinin gerekçelerine ise Korucu ve Erdağı (2012)'den ulaşmak mümkün olup metodolojinin küçük bir özeti şu şekildedir:

1. Karar yapısı ve bu yapıda kullanılacak kriterlerin ağırlıkları (karar ağacı) belirlenir.
2. Tüm çalışma alanı olan Kocaeli için, Faz 1 kriterlerine ait kullanımda olan alan haritaları ve gerekli tüm tampon bölgeler CBS yardımıyla oluşturulur.
3. Mevcut kullanılan alanlar ve tampon bölgeler birleştirilip tüm çalışma alanından çıkarılarak olurlu bölgeler tespit edilir.
4. Tüm çalışma alanı için, Faz 2 kriterleri haritalandırılır. Haritalar raster formatına dönüştürülür ve belirli bir derecelendirme tipi için (1-9 gibi) yeniden sınıflandırılır.
5. Olurlu bölgeler katmanındaki tüm tekil olurlu bölge alanları ayrı ayrı numaralandırılır.
6. Faz 2 kriterleri için ağırlıklandırılmalı çakıştırma işlemi gerçekleştirilir. Elde edilen uygunluk katmanı olurlu bölgeler katmanı ile çakıştırılır. Her bir olurlu bölge için elde edilen ağırlık değerleri hesaplanır ve alanlar uygunluk sırasına koyulur.
7. Elde edilen olurlu bölgeler, 3. Faz kriterleri için tek tek değerlendirilir. Tablo 1'den de anlaşılacağı üzere bu kriterlerden bir tanesi de hakim rüzgar yönleri yani kirliliğin dağılımıdır.

Söz konusu yer seçimi metodolojisi için çalışmada kullanılan karar ağacı ve kriter ağırlıkları Tablo 1'de sunulmuştur. Tablo 1'de sunulan karar ağacı, Kocaeli ilinde katı atık yönetimi ile ilgili olarak görev yapan 30 kişilik bir karar ekibi tarafından oluşturulmuştur. Karar ağacında kullanılan tampon değerleri, ilgili mevzuat (ADDDY, 2010; AYİY, 2010; ÇEDY, 2008) tarafından verilen sınır değerler dikkate alınarak belirlenmiştir. Yer seçimi uygulamalarının tamamında lisanslı bir Arc-GIS yazılımı kullanılmıştır



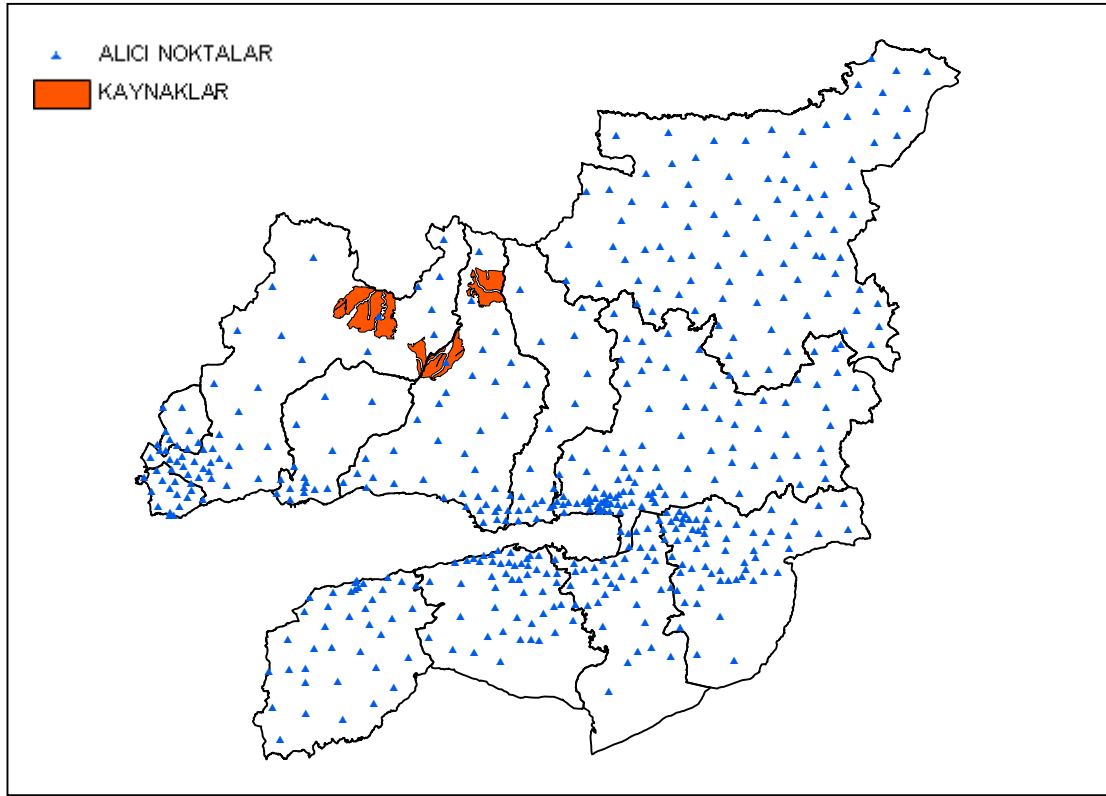
Tablo 1. Çalışmada kullanılan karar yapısı ve kriter ağırlıkları

FAZ 1: SINIRLANDIRICI FAZ	FAZ 2: AZALTICI FAZ (1.00)		
KRİTER GRUBU 1: EKOLOJİK GÜVENLİK KRİTERLERİ	KRİTER GRUBU 2: HALK SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ KRİTERLERİ (0.5177)	KRİTER GRUBU 3: EKONOMİK KRİTERLER (0.1404)	KRİTER GRUBU 4: SOSYAL KRİTERLER (0.3416)
Yüzeysel Sular, Kıyılar ve Sulak Alanlar (100 ve 2000 m tampon)	Yerleşim Bölgelerinden Uzaklık (250 m tampon)	Rakım (0.0166)	Olumsuz Risk Algısı ve Paydaşların Onayı (0.0997)
Taşkın, Erozyon ve Heyelan Alanları	Otoyollardan Uzaklık (25 m tampon) (0.0398)	Topoğrafik Eğim (0.0183)	Kültür Miraslarından Uzaklık (0.0165)
Doğal Kuyu ve İçme Suyu Kaynakları (2000 m tampon)	Havaalanı Mania Bölgesinden Uzaklık (0.0430)	Atık Taşıma Mesafesi (0.0337)	Bölgesel Gelişim ve İstihdama Katkı (0.0644)
Orman Alanları	Altyapı ve İletim Hatlarından Uzaklık (0.0428)	Ana Yollara Yakınlık (25 m tampon) (0.0085)	Turistik Alanlardan Uzaklık (0.0599)
Aktif Volkan, Maden ve Jeolojik Fay Alanları	Askeri Alanlardan Uzaklık (0.0305)	Altyapıya Yakınlık (25 m tampon) (0.0197)	Mezarlık ve Kutsal Alanlardan Uzaklık (0.0554)
Alan Kullanımı ve Zirai Uygunluk	Dinlenme Alanlarından Uzaklık (0.0640)	Müşterilere Yakınlık (Endüstri Bölgeleri vs.) (0.0436)	Görünürlük ve Manzaraya Etki (0.0457)
Flora & Fauna	Özel Alanlardan Uzaklık (Okul, Hastane vs.) (0.0991)		
	FAZ 3: DÜZENLEYİCİ FAZ (1.00)		
	KRİTER GRUBU 2: HALK SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ KRİTERLERİ (0.7537)	KRİTER GRUBU 3: EKONOMİK KRİTERLER (0.2462)	
	Hakim Rüzgar Yönleri (0.2026)	Arazi Mülkiyeti (0.0145)	
	Vadoz Zon Geçirgenliği (0.2395)	Arazinin Birim Maliyeti (0.0291)	
	Yer altı Su Tablası Derinliği (0.2727)	Geçirimsiz Tabaka Kalınlığı (0.1799)	
	Zemin Oturması ve İvmelenme (0.0389)	Üst Toprak Litolojisi (0.0227)	

2.2. Koku Dağılımının Modellenmesi

Çalışma kapsamında kullanılan modelleme programı USEPA tarafından geliştirilen “AERMOD VIEW 6.5.0” sürümüdür. Model, doğrusal-kararlı hal duman modellemesidir. AERMOD modelleme sistemi, arazi bilgisi için kullanılan AERMAP ve meteorolojik veriler

için kullanılan AERMET olmak üzere iki işlemciden oluşmaktadır. AERMOD modeli meteorolojik veri olarak saatlik bazda yıllık veri kullanmaktadır. Çalışmada kullanılan meteorolojik veriler Gebze’de bulunan meteoroloji istasyonundan alınan 5 yıllık verilerdir ve bu veriler saatlik bazda sıcaklık, rüzgâr hızı/yönü, basınç ve bulutluluk oranı/yüksekliği şeklindedir. Modelleme programında yerleşim yerlerini temsil eden 340 adet ayrık kartezyen alıcı nokta belirlenmiştir. Kirletici kaynağı olarak alansal kaynak seçeneği kullanılmış ve önceden tespit edilmiş olan uygun 8 aday alanı temsil eden noktalar 2000 dönüm yer kaplayacak şekilde genişletilmiştir. Her aday alanın her bir birim yüzey alanının eşit büyüklükte bir koku emisyonuna neden olacağı varsayılmış olup emisyon faktörü olarak nominal bir değer girilmiştir. Bu değer, Sironi vd., (2005) tarafından yapılan çalışmalar referans kabul edilerek $5.5 \text{ ou}_E/\text{s.m}^2$ şeklinde belirlenmiştir. Dağılım katsayısı olarak çalışma alanının yapısı göz önünde bulundurulmuş ve kentsel dağılım seçeneği kullanılmış, basit+karmaşık yüzey yapısı seçilmiştir. Şekil 1, modelleme çalışmasında kullanılan alıcı noktalar (yerleşim bölgeleri) ve kaynakları (ilk 2 faz çalışmasında elde edilen olası 8 depolama alanını) göstermektedir.



Şekil 1. Alıcı noktalar ve kaynaklar

2.3. Kaynakların Koku Etkisinin Hesaplanması

Olası depolama alanı adayları birer alan kaynak olarak düşünüldüklerinde, çevrelerindeki 340 alıcı nokta üzerinde bir koku oluşturma potansiyeline sahip olacaklardır. Buradan hareketle en az koku etkisi oluşturma potansiyeli taşıyan alan, yer seçimi için en uygun alan olacaktır. Bu koku etkisinin her bir alan kaynak için ayrı ayrı hesaplanması şu şekilde gerçekleştirilmiştir: Modelde yerleşim yerlerini temsil eden 340 adet alıcı noktanın kendi yüzey alanları ve bu yüzey

alanlarında yaşayan kişi sayıları bellidir. Bu bilgiler kullanılarak her bir alıcı nokta için birim yüzey alanı ve hacimde yaşayan kişi sayısını gösteren bir “Yoğunluk” değeri ($m^3/kışı$) hesaplanmıştır. Dağılım modelinin saatlik meteoroloji verileri ile çalıştırılmasından elde edilen, her bir alıcı noktadaki saatlik, günlük, aylık ve yıllık koku değerleri (ou/m^3) “Konsantrasyon” olarak değerlendirilip toplam etki aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

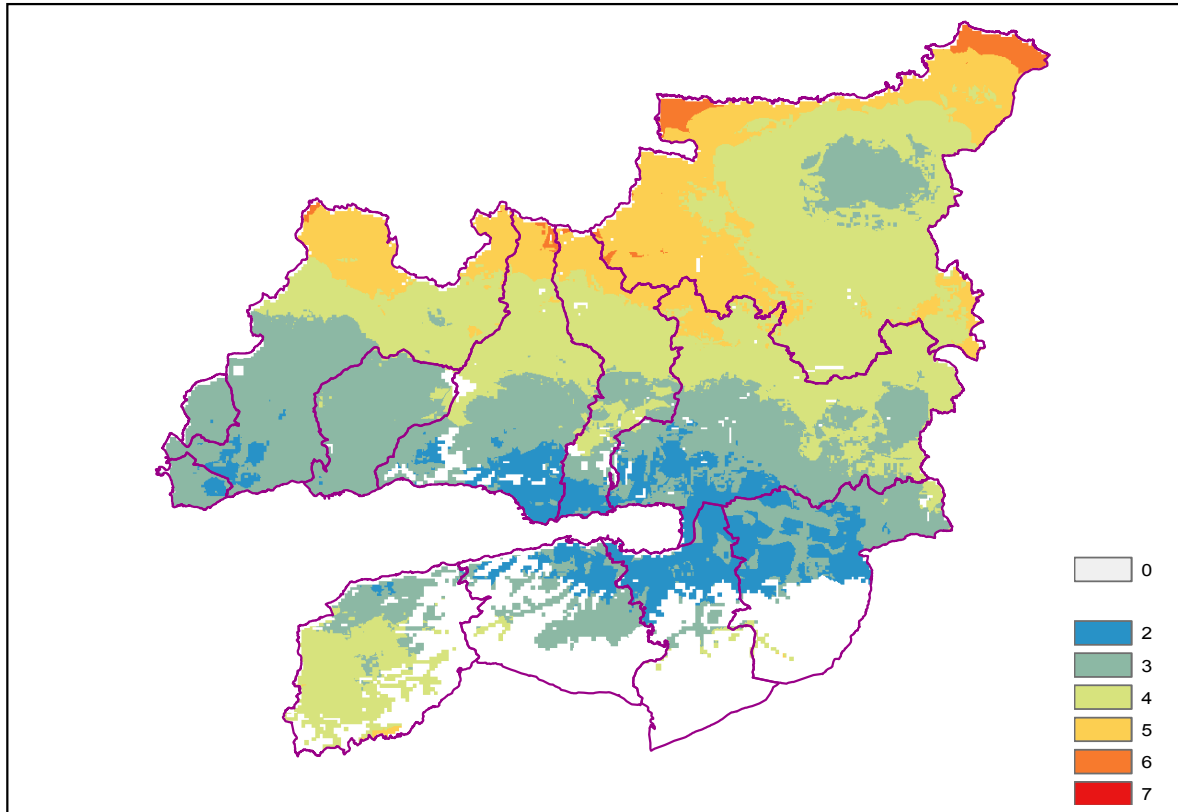
$$\text{Koku Etkisi}_{(i)} = \sum (\text{Konsantrasyon}_{(j)} / \text{Yoğunluk}_{(j)})$$

Denklik 1

Denklik 1’de verilen “i” alt indisi 8 olası kaynaktan her hangi birini ifade ederken, bir kaynağın yerleşimcilere yapabileceği koku etkisi ($ou/kışı$) 340 adet alıcı nokta üzerindeki toplam etki olarak hesaplanmaktadır. “j” alt indisi bu 340 farklı alıcı noktayı ifade etmektedir.

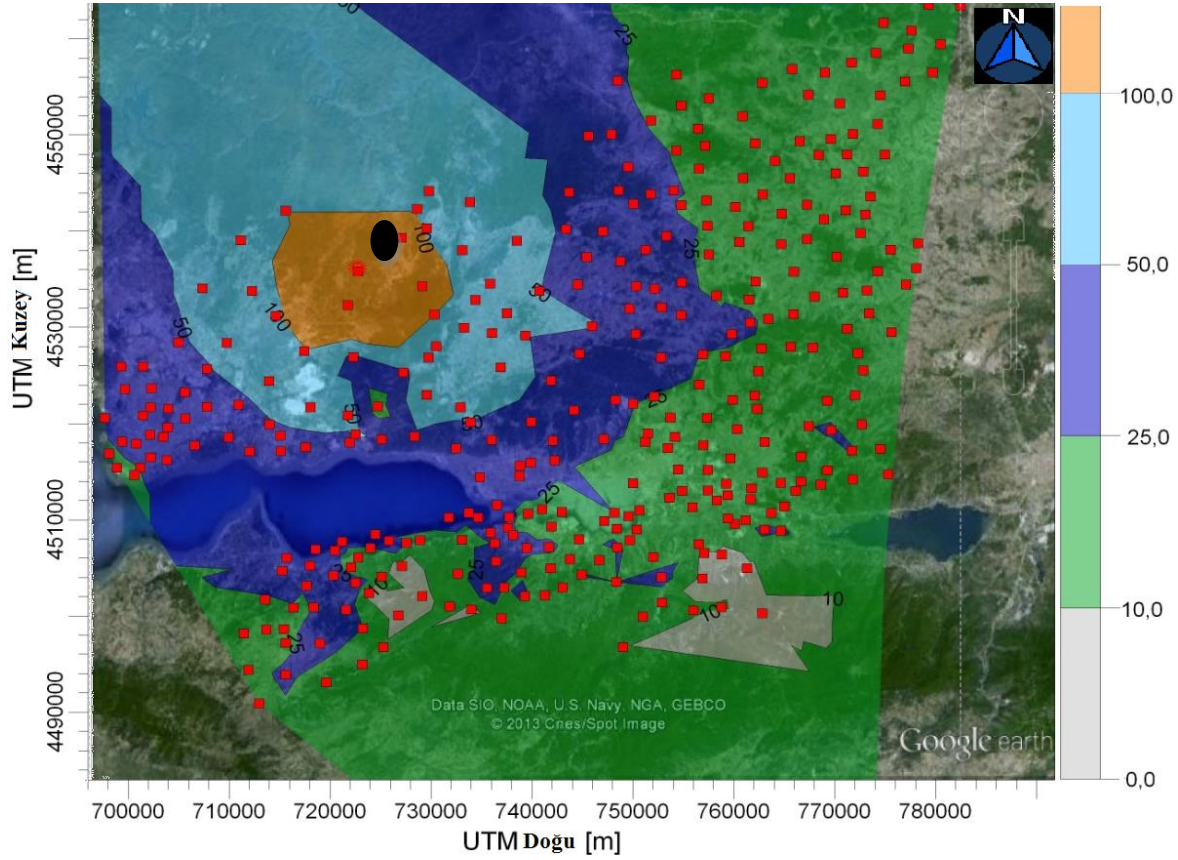
3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Gerçekleştirilen yer seçimi çalışmalarının ilk iki fazı (bkz. Tablo 1) sonucunda önceden elde edilmiş olan bulgular, Gebze bölgesi için 2000 dönümden büyük alan ihtiyacını sağlayan ve kullanım için uygun 8 adet alanı işaret etmiştir (bkz. Şekil 1). Sözü edilen bu 8 alanın, ilk iki faz açısından en uygun olanının tesbiti için ise tüm çalışma alanının bir uygunluk dağılımının çıkartılması gerekmiştir. Tablo 1’de sunulan ağırlıkların yer seçimi için kullanılması ile elde edilen bu uygunluk dağılımı Şekil 2’de sunulmuştur. Olası alanlar ve bu uygunluk dağılımının karşılaştırılmasıyla ise, söz konusu alanların bir uygunluk sıralaması yapılmıştır. Buna göre; ilk iki faz açısından en uygun alan 6 numaralı alan olup uygunluk sıralaması $6>3>5>1>2>4>7>8$ şeklinde tespit edilmiştir.



Şekil 2. Tüm çalışma alanı için uygunluk dağılımı

Her bir olası alan (kaynak) için saatlik, günlük, aylık ve yıllık kirlilik dağılım modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu dağılım modellerinden bir tanesi örnek olarak Şekil 3’de sunulmuştur.



Şekil 3. 1 nolu kaynak için saatlik dağılım sonuçları

Şekil 3’de sunulan türden tüm dağılım sonuçlarında; yerleşim bölgelerinin üzerinde oluşan konsantrasyonlar teker teker tespit edilmiş ve kaynaklar için birer koku etkisi değeri elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Kaynakların saatlik, günlük, aylık ve yıllık koku etkileri

Kaynak Numarası	Toplam Koku Etkileri (ou/kışı)			
	Saatlik	Günlük	Aylık	Yıllık
1	2,602	452	61	19
2	2,295	365	43	8
3	2,221	365	46	8
4	2,927	542	71	13
5	2,809	507	69	20
6	2,667	465	54	15
7	2,949	611	78	15
8	3,177	553	105	20

Tablo 2’de sunulan koku etkileri açısından bakıldığında en düşük etkiye sahip olan kaynak, yer seçimi için en uygun alan olarak ifade edilecektir. Bu doğrultuda yapılan sıralamalar Tablo 3’de sunulmuştur. Tablo 3’den de anlaşılacağı üzere; ilk iki yer seçimi fazında en uygun yer olarak



tespit edilen 6 numaralı alan, kirlilik dağılımı sonuçlarına göre büyük oranda geri düşmüştür. Kirlilik dağılımı sonuçlarına göre özellikle 3 numaralı kaynak, ilk iki fazla da uyumlu olarak doğru bir tercih gibi görünmektedir. 8. kaynak ise en kötü tercih olacaktır.

Tablo 3. Uygunluk sıralamaları

Uygunluk Sıralaması	Yer seçiminin İlk İki Faz Uygulamaları Sonucunda Elde Edilen En Uygun Alan Sıralaması	Bu Çalışmada Elde Edilen En Uygun Alan Sıralaması			
		Saatlik Dağılım	Günlük Dağılım	Aylık Dağılım	Yıllık Dağılım
1.	6 nolu alan	3 nolu alan	2 nolu alan	2 nolu alan	3 nolu alan
2.	3 nolu alan	2 nolu alan	3 nolu alan	3 nolu alan	2 nolu alan
3.	5 nolu alan	1 nolu alan	1 nolu alan	6 nolu alan	4 nolu alan
4.	1 nolu alan	6 nolu alan	6 nolu alan	1 nolu alan	7 nolu alan
5.	2 nolu alan	5 nolu alan	5 nolu alan	5 nolu alan	6 nolu alan
6.	4 nolu alan	4 nolu alan	4 nolu alan	4 nolu alan	1 nolu alan
7.	7 nolu alan	7 nolu alan	8 nolu alan	7 nolu alan	5 nolu alan
8.	8 nolu alan	8 nolu alan	7 nolu alan	8 nolu alan	8 nolu alan

Bu çalışma sonucunda elde edilen bulgular tek başına bir karar vermek için yeterli değildir. Daha kapsamlı ve uzun soluklu bir çalışma gerektiren yer seçimi uygulamaları sadece kirlilik dağılım modelleri temel alınarak gerçekleştirilemez. Ancak bu modellerin halk sağlığı açısından son derece önemli kolaylıklar sağlayacağı da açıktır. Ayrıca bu çalışmada bir kirlilik parametresi olarak kullanılan koku; saatlik verilerle modellenebilecek türden bir parametre olmayıp, anlık ve kişisel durumlardan etkilenen bir büyüklüktür. Yine de, yer seçimi ve dağılım modellerinin bir arada kullanıma ilişkin olarak yapılmış çalışmalara bir katkı sunabilmek adına, nominal bir konsantrasyon kullanımını kolaylaştıran bir parametre olması açısından koku parametresinin tercih edilmiş olması şimdilik uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

ADDDY, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, Resmi Gazete: 27533, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2010.

AYİY, Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik, Resmi Gazete: 27721, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2010.

Aragones-Beltran, P., Pastor-Ferrando, J. P., Garcia-Garcia, F., Pascual-Agullo, A. An analytic network process approach for siting a municipal solid waste plant in the Metropolitan Area of Valencia (Spain). J. Environ. Manage. 2010, 91, 1071-1086.

Banar, M., Kose, B. M., Ozkan, A., Poyraz, A. I. Choosing a municipal landfill site by analytic network process. Environ. Geol. 2007, 52, 747-751.

Capelli, L., Sironi, S., Rosso, R. D., Centola, P., Grande, M.I. A comparative and critical evaluation of odour assessment methods on a landfill site. Atmospheric Environ. 2008, 42(30), 7050-7058.

Chang, N. B., Parvathinathan, G., Breeden, J. B. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. J. Environ. Manage. 2008, 87, 139-153.



ÇEDY, Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, Resmi Gazete: 26939, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2008.

De Feo, G. and De Gisi, S. Using an innovative criteria weighting tool for stakeholders involvement to rank MSW facility sites with the AHP. *Waste Manage.* 2010, 30(11), 2370-2382.

Ersoy, H. and Bulut, F. Spatial and multi-criteria decision analysis-based methodology for landfill site selection in growing urban regions. *Waste Manage. Res.* 2009, 27, 489-500.

Ekmekcioglu, M., Kaya, T., Kahraman, C. Fuzzy multicriteria disposal method and site selection for municipal solid waste. *Waste Manage.* 2010, 30, 1729-1736.

Gorsevski, P. V., Donevska, K. R., Mitrovski, C. D., Frizado, J. P. Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average. *Waste Manage.* 2012, 32, 287-296.

Henshaw, P., Nicell, J., Sikdar, A. Parameters for the assessment of odour impacts on communities. *Atmospheric Environ.* 2006, 40(6), 1016-1029.

Intarakosit, E. GIS-based odor impact assessment from biosolids land application sites. Ph.D. Thesis, University of Maryland, College Park, 2010.

Korucu, M. K., and Erdagi, B. A criticism of applications with multi-criteria decision analysis that are used for the site selection for the disposal of municipal solid wastes. *Waste Manage.* 2012, 32(12), 2315-2323.

Korucu, M. K., Arslan, O., Karademir, A., Siting a municipal solid waste disposal facility, part one: an evaluation of different scenarios for a site selection procedure, *J. Air Waste Manage.* 2013, Corrected Proof.

Lisboa, H. D. M., Guillot, J.M, Fanlo, J. L., Cloirec, P. L. Dispersion of odorous gases in the atmosphere-part I: modeling approaches to the phenomenon. *Sci. Total Environ.* 2006, 361(1), 220-228.

Moeinaddini, M., Khorasani, N., Daneshkar, A., Darvishsefat, A. A. Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj). *Waste Manage.* 2010, 30, 912-920.

Sarkar, U., Hobbs, S. E., Longhurst, P. Dispersion of odour: a case study with a municipal solid waste landfill site in North London, United Kingdom. *J. Environ. Manage.* 2003, 68(2): 153-160.

Sener, B., Süzen, M.L., Doyuran, V. Landfill site selection by using geographic information systems. *Environ. Geol.* 2006, 49, 376-388.

Simsek, C., Kincal, C., Gunduz, O. A solid waste disposal site selection procedure based on groundwater vulnerability mapping. *Environ. Geol.* 2006, 49, 620-633.

Sironi, S., Capelli, L., Centola, P., Rosso, R. D., Grande, M. I. Odour emission factors for assessment and prediction of Italian MSW landfills odour impact. *Atmospheric Environ.* 2005, 39(29), 5387-5394.

Tavares, G., Zsigraiova, Z., Semiao, V. Multi-criteria GIS-based siting of an incineration plant for municipal solid waste. *Waste Manage.* 2011, 31, 1960-1972.

Wang, G., Qin, L., Li, G., Chen, L. Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. *J. Environ. Manage.* 2009, 90, 2414-2421.